

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-309676

(P2001-309676A)

(43)公開日 平成13年11月2日(2001.11.2)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 2 P 5/00		H 0 2 P 5/00	G 5H303
G 0 5 D 3/12	3 0 6	G 0 5 D 3/12	3 0 6 P 5H550

審査請求 未請求 請求項の数4

O L

(全12頁)

(21)出願番号 特願2000-118133(P2000-118133)

(22)出願日 平成12年4月19日(2000.4.19)

(71)出願人 000006622

株式会社安川電機

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

(72)発明者 加来 靖彦

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(72)発明者 大久保 整

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号

株式会社安川電機内

(74)代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外4名)

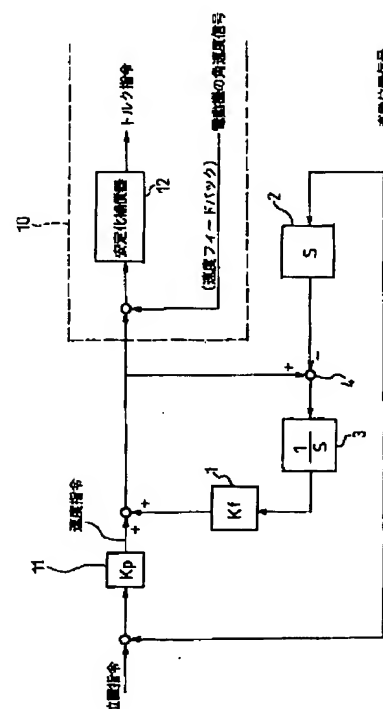
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動機の位置制御装置

(57)【要約】

【課題】 フルクロース制御系において振動再発無しに位置ループゲインが上げられる電動機の位置制御装置を提供する。

【解決手段】 直動機構に取り付けた直動位置検出手段が出力する可動テーブルの位置信号を、位置フィードバック信号とする電動機の位置制御装置において、直動位置信号を微分演算し直動速度信号を出力する微分演算手段2と、速度指令信号と直動速度信号の差を演算する減算手段4と、減算手段が出力する差信号を積分する積分手段3と、積分手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段1と、比例ゲイン手段の出力信号と速度指令信号を加算し新たな速度指令 V_r を出力する加算手段19とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直動機構に取り付けた直動位置検出手段が出力する可動テーブルの位置信号を、位置フィードバック信号とする電動機の位置制御装置において、前記直動位置信号を微分演算し直動速度信号を出力する微分演算手段と、速度指令信号と前記直動速度信号の差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号を積分する積分手段と、前記積分手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令を出力する加算手段とを備えたことを特徴とする電動機の位置制御装置。

【請求項 2】 電動機の回転位置信号を微分演算した速度信号に基づき速度制御を行うと共に、電動機で駆動される負荷に取り付けられた位置検出器からの負荷位置信号に基づき位置制御を行う電動機の位置制御装置において、前記負荷位置信号を微分演算し負荷速度信号を出力する微分演算手段と、前記負荷速度信号と速度指令信号の差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号をローパスフィルタに入力することにより位相調節を行う位相調節手段と、前記位相調節手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令信号を出力する加算手段とを備えたことを特徴とする電動機の位置制御装置。

【請求項 3】 前記位相調節手段は、前記減算手段が出力する差信号をバンドパスフィルタに入力することにより位相調節を行うことを特徴とする請求項 2 記載の電動機の位置制御装置。

【請求項 4】 電動機の回転位置信号を微分演算した速度信号に基づき速度制御を行うと共に、電動機で駆動される負荷に取り付けられた位置検出器からの負荷位置信号に基づき位置制御を行う電動機の位置制御装置において、速度指令信号を積分演算する積分演算手段と、前記負荷位置信号と前記積分演算手段が出力する積分信号との差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号をバンドパスフィルタに入力することにより位相調節を行う位相調節手段と、前記位相調節手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令信号を出力する加算手段とを備えたことを特徴とする電動機の位置制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、モータで駆動される負荷に取り付けられた位置検出器からの負荷位置信号に基づき位置制御を行う電動機の位置制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、ボールネジ（ハイリードネジ）等による直動機構を駆動するモータ制御装置では、通常、モータの角速度をフィードバックして速度制御ループを構成し、モータの角度をフィードバックして位置制御ループを構成している。この場合、モータがロータリエンコーダ等の角度検出器のみを備えている場合は、検出器の位置信号を差分演算して角速度信号とする。以下、このような制御系をセミクローズ制御系と呼ぶ。一方、直動機構を高精度に制御するため、機構の可動テーブルにリニアスケール等の直動位置検出手段を取り付け、検出手段の出力を用いて位置制御系を構成することがある。以下、このような制御系をフルクローズ制御系と呼ぶ。このようなフルクローズ制御系のブロック線図は図 13 に示す通りである。図 13 において、701 は位置制御部で位置制御ゲインは K_p である。702 は速度制御部、703 はモータ、704 は負荷（機械可動部、可動テーブル等）である。ここでは位置指令 Y_r から負荷位置信号 Y_l を減じて位置偏差 e_p を求め、この位置偏差 e_p から位置制御部 701 で位置制御ゲイン K_p を乗じて、速度指令 V_r が求められる。この速度指令 V_r から速度フィードバック信号 V_f を減じて速度偏差 e_v を求め、速度偏差 e_v に基づいて速度制御部 702 でトルク指令（電流指令） T_r を求め、このトルク指令 T_r に基づいてモータ 703、負荷 704 が駆動される。近年、産業用機械においては、高精度化および高速化の要求が高くなり、そのためにはフルクローズ制御系において位置制御ゲイン K_p を上げることが必要不可欠である。位置制御ゲイン（又は、位置ループゲイン）の向上には、先ず速度ループゲインを上げる必要があるが、直動機構のボールネジ、ナット等の機械共振特性の影響でゲインを上げることが難しい。但し、セミクローズ制御系の場合は、公知の等価剛体オブザーバによる制振制御法（例えば、特願平 9-56183 号の機械振動の制振制御装置）等の適用によって、等価剛体モデルオブザーバにより検出した機械振動信号を、速度指令に加算して新たに速度指令とすることにより、振動を抑えて速度ループゲインを向上させ、これに見合う値まで位置ループゲインを簡単に上げることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来技術では、フルクローズ制御系において位置制御ゲインを上げるために各種の試みがなされている。フルクローズ制御系の速度ループについては前記制振制御の適用によって、セミクローズ系と同等の速度ゲインにできるが、位置ループでは位置制御ゲインをあげると、制御系の振動が再発するため、このままでは位置制御ゲインの上限がセミクローズ制の上限値の $1/2 \sim 2/3$ 程度しか取れない。再発した振動の周波数は速度ループで発生する振動の周波数よりも低いため、単純に制御ループ全体のゲイン上昇が原

因とは考えられず、振動再発の原因が解明できなかった（課題1）。原因の解明は別にして、従来、フルクローズ制御系において位置制御ゲインを上げるために各種の試みがなされている。例えば、モータ位置の信号 X_m と負荷位置 X_L の信号を、

$$k * X_L + (1 - k) * X_m \quad (\text{但し、} 0 < k < 1)$$

のように加え合わせて位置フィードバック信号とする手法（特開平03-110607）の適用が考えられる。 k を0に近づけると、負荷位置のフィードバック成分が減るので振動は減少するが、駆動系のバネ特性により、モータ位置と負荷位置信号が一致しないので、フルクローズ制御の効果が薄れてしまい意味がなくなる。結局、フルクローズ効果を出すためには、下げた k に見合うまで位置制御ゲインをあげるため、実質的な位置ループゲインは $k=1$ と変わらず振動が解決できない（課題2）。そこで、負荷の速度とモータ速度の差であるねじり角速度を速度指令（特開平1-251210）あるいはトルク指令にフィードバックすることで機械振動を速度ループ内で低減する手法がある。この手法で、位置ループに再発した振動を低減しようとする、ねじり角速度にモータ速度の高周波成分が含まれるため、今度は高い周波数の振動が速度ループで発生することになり（低い振動にあわせることで高い振動がでる可能性がある）、結局、これを単純に適用するだけでは前記の位置ループで再発した振動の対策とはならない（課題3）。このため、従来の手法を使うだけでは、フルクローズ制御系においては位置制御ゲインを上げることが殆ど不可能と考えられていた。本課題を本質的に解決するには、位置ループで低い振動が再発する原因を解析することが必要である。そこで、本発明は（この原因を解析し、新たな制御手法を提案することで、）フルクローズ制御系における位置制御ゲイン K_P を、振動の再発無しにセミクローズ制御系と同等な値まで上げることが可能で、位置制御ゲインを上げることによって短時間に高精度な位置決めができる電動機の位置制御装置を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の発明は、直動機構に取り付けた直動位置検出手段が出力する可動テーブルの位置信号を、位置フィードバック信号とする電動機の位置制御装置において、前記直動位置信号を微分演算し直動速度信号を出力する微分演算手段と、速度指令信号と前記直動速度信号の差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号を積分する積分手段と、前記積分手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令を出力する加算手段とを備えている。また、請求項2記載の発明は、電動機の回転位置信号を微分演算した速度信号

に基づき速度制御を行うと共に、電動機で駆動される負荷に取り付けられた位置検出器からの負荷位置信号に基づき位置制御を行う電動機の位置制御装置において、前記負荷位置信号を微分演算し負荷速度信号を出力する微分演算手段と、前記負荷速度信号と速度指令信号の差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号をローパスフィルタに入力することにより位相調節を行う位相調節手段と、前記位相調節手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令信号を出力する加算手段とを備えている。また、請求項3記載の発明は、前記位相調節手段は、前記減算手段が出力する差信号をバンドパスフィルタに入力することにより位相調節を行うことを特徴としている。また、請求項4に記載の発明は、電動機の回転位置信号を微分演算した速度信号に基づき速度制御を行うと共に、電動機で駆動される負荷に取り付けられた位置検出器からの負荷位置信号に基づき位置制御を行う電動機の位置制御装置において、速度指令信号を積分演算する積分演算手段と、前記負荷位置信号と前記積分演算手段が出力する積分信号との差を演算する減算手段と、前記減算手段が出力する差信号をバンドパスフィルタに入力することにより位相調節を行う位相調節手段と、前記位相調節手段の出力信号を入力する比例ゲイン手段と、前記比例ゲイン手段の出力信号と前記速度指令信号を加算し新たな速度指令信号を出力する加算手段とを備えている。

【0005】この電動機の位置制御装置によれば、微分演算手段により求めた負荷速度と、速度指令との差速度を検出し、積分手段により差速度を積分し、積分値に比例ゲイン手段でゲイン K_I を掛けて速度指令に加算する、この微分演算手段と差速度を検出する減算手段と積分手段および比例ゲイン手段が、丁度、電動機の角速度と等価剛体モデルの角速度推定値との差速度として機械振動信号を検出し出力するセミクローズ制御系の制振制御装置に相当し、比例ゲイン手段のゲイン K_I 値が振動再発無しに位置ループゲイン K_P の上限を引き上げる。あるいは、速度指令と負荷速度の差速度を、ローパスフィルタあるいはバンドパスフィルタ等の位相調節手段により位相調節して振動周波数を打消し、比例ゲイン手段によりゲイン K_I をかけて速度指令に加算するので、位置ループゲイン K_P を上げることができる。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態について図を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係る電動機の位置制御装置のブロック線図である。図2は図1に示した電動機の加速度から負荷の直動速度までのブロック線図である。図3は図2に示すモデルによって構成したフルクローズ制御系のブロック線図である。図4は図3に示す位置制御系内の速度制御系を簡略化した図である。図5は図4に示す位置制御

系の振動現象を示す図である。図6は図5に示す位置制御系の簡略化した図である。図7は図6に示す速度指令と負荷速度の差速度を示す図である。図8は図1に示す比例ゲイン手段による速度指令の補正を示す図である。図1において、1はゲイン K_f の比例ゲイン手段、2は微分演算手段、3は積分手段、4は減算手段、10は速度制御系、11はゲイン K_p の位置ループゲイン（位置制御ゲイン）である。

【0007】本発明では、前述のフルクローズ制御系の問題を根本的に解決するには、従来技術の説明で述べた「速度ループで発生していた振動よりも低い周波数の振動が再発する現象」の解明が不可欠と考える。解析のため、まず機械共振特性について詳細に説明する。機械共振特性を持つボールネジとナット等の機械駆動系のモデルを図2に示す。図2(a)は電動機加速度から電動機の角速度までのブロック線図であり、図1の速度フィードバック系をまとめて速度制御系で表すと、以上のようなブロック線図が得られる。この場合、電動機の軸へ機械の共振の反力が加わるので、電動機の角速度にも共振特性が現れる。これを表現するため、図2(a)には加速度と角速度間に2慣性共振特性のブロックが入っている。この2慣性共振特性のブロック線図の伝達関数には、分母多項式が機械の共振特性を示し、分子多項式が反共振特性を示している。図中、 ω_s は反共振角周波数、 ω_r は共振角周波数である。図2(b)は、電動機加速度から機構の可動テーブルの直動速度までのブロック線図であり、振動部分の2慣性共振特性を2次の伝達関数で表記している。図2(c)は図2(a)、(b)の

$$G(s) = \frac{K_P \omega_a^2}{s^3 + 2\zeta_a \omega_a s^2 + \omega_a^2 s + K_P \omega_a^2} \quad (3)$$

となる。(3)式において、ラウスフルビッツの安定条件を計算すると、

【数4】

$$K_P < 2\zeta_a \omega_a \quad (4)$$

となる。 ζ_a は0.1程度であるから、(4)式より速度ループゲイン K_v に関わらず、位置ループゲイン K_p 値が制限を受ける。このことから、フルクローズ制御系の場合、そのままではセミクローズ制御系に比べて位*

$$G(s) = \frac{s^2 + 2\zeta_a \omega_a s}{s^2 + 2\zeta_a \omega_a s + \omega_a^2} \quad (5)$$

となる。

【0010】 ζ_a は0.1程度であるから、(5)式の分子において、 ω_a 付近の周波数では、

【数6】

$$G(s) = \frac{s^2}{s^2 + 2\zeta_a \omega_a s + \omega_a^2} \quad (7)$$

と近似できる。(7)式の分子は s の2次式であるか

ブロック線図をまとめたものであり、電動機加速度から電動機の角速度までと同時に可動テーブルの直動速度までのブロック線図である。

【0008】図3は、図2(c)のモデルにおいて、フルクローズ制御系を構成した例であり、図中、速度制御系は電動機の角速度信号をフィードバックして構成し、位置制御系は直動位置信号をフィードバックして構成する。図4は図3の簡略化である。先述の等価剛体オブザーバ等による制振制御等により速度制御系10の2慣性共振系を安定化した場合、位置制御系から見ると速度制御系10は高応答なので、速度制御系の伝達関数を1と近似すると図5のブロック線図が得られる。図5では、位置制御ループに、 ω_a の共振特性が入っているために、位置ループゲインを大きくすると、 ω_a 付近の周波数で制御系が振動することが分かる。

【0009】図5中の駆動機構の特性を示す伝達関数において、 $\omega_r > \omega_s$ 、 $\zeta_r \ll 1$ であるので、

【数1】

$$\omega_r \gg 2\zeta_r \omega_a \quad (1)$$

であるから、 ω_a の振動周波数付近では、

【数2】

$$\frac{2\zeta_r s + \omega_r}{\omega_r} \div 1 \quad (2)$$

と近似できるので、図5の位置制御系は、図6のブロック線図に簡略化できる。位置指令から負荷位置までの伝達関数を計算すると、

【数3】

*置ループゲインが上がらないことの説明がつく。以上のことから、本発明の解析により、「速度ループで発生する振動の周波数よりも低い振動が再発する原因」が明確になった（従来技術の課題1が解決できた）。次に数式により本発明の原理を説明する。図7に示すように速度指令から差速度（速度指令と負荷速度の差）までの伝達関数を計算すると、

【数5】

$$s + 2\zeta_a \omega_a \div s \quad (6)$$

と近似できる。

【0011】(6)式より(5)式は、

【数7】

ら、本第1の実施の形態では、図8に示すように差速度

信号を積分手段3により積分して、比例ゲイン手段1によりフィードバックゲイン K_f を掛けて速度指令に加算し新たな速度指令とする。図8において、速度指令から*

*負荷速度までの伝達関数を計算すると、
【数8】

$$G(s) = \frac{\omega_a^2}{s^2 + (2\zeta_a + K_f)s + \omega_a^2} \quad (8)$$

となる。(8)式で、フィードバックゲイン K_f により分母の多項式の s の1次の項の係数が大きくなるので、共振特性がダンピングされることが証明できる。図8において、速度指令から負荷速度までの速度制御系の外側※10

※にフルクローズの位置制御系を構成すると(図示せず)、位置指令から負荷位置までの伝達関数は、
【数9】

$$G(s) = \frac{K_P \omega_a^2}{s^3 + (2\zeta_a \omega_a + K_f)s^2 + \omega_a^2 s + K_P \omega_a^2} \quad (9)$$

となる。(9)式において、ラウスフルビッツの安定条件を求めると、

【数10】

$$K_P < 2\zeta_a \omega_a + K_f \quad (10)$$

となるので、本実施の形態によれば、フィードバックゲイン K_f によって、位置ループゲイン K_P の上限が回復し、これにより振動の再発無しに位置ループゲイン K_P を上げられることが実証される。これにより、フルクローズで実質的な位置ループゲインが上げられない問題

(課題2)が解決できる。また、上述のようにモータ速度から直動位置信号までは、機構の積分特性により、モータ速度の高周波成分が十分に減衰する。速度指令は位置指令と直動位置信号との差から作られ、さらに積分処理後に速度指令にフィードバックするので、本発明の構成は速度ループの安定性に殆ど影響しないと考えられ、速度ループとは独立して位置ループゲインを上げることができる。このような考察に基づいているため、本発明では、位置ループの振動を低減したときに速度ループの振動が発生する従来技術の問題(課題3)が解決できる。

【0012】次に、全体の制御系の構成について図1を参照して説明する。先ず、リニアスケール(図示していない)が出力する直動位置信号をフィードバックして位置制御系を構成し、位置指令と直動位置信号の差に位置ループゲイン(K_P)11を掛けて、第1の速度指令とする。速度制御系10の安定化補償器12は、後述の第2の速度指令と電動機(図示していない)の角速度信号との差を入力し、電動機と電動機のトルクを制御する手段(図示していない)からなるトルク制御装置(図示していない)にトルク指令信号を出力する。破線で示す電動機の制御部により制御が行われる。第1の速度指令信号と、比例ゲイン手段(K_f)1からの制振信号を入力する加算手段の出力を第2の速度指令とする。微分演算手段2は直動位置信号を微分演算して直動速度信号を出力する。直動速度信号と第2の速度指令との差信号を積分手段3により積分した後、比例ゲイン手段1に入力する。比例ゲイン手段1は適切なゲイン K_f を掛けて制振

信号を出力する。これによって安定な状態で位置ループゲインを上げることができる。

【0013】次に、本発明の第2の実施の形態について図を参照して説明する。図9は本発明の第2の実施の形態に係る電動機の位置制御装置のブロック図である。図10は図9に示す位置ループ安定化補償部のブロック図である。図9に示す第2の実施の形態は、図13の従来例に、新たに位置ループ安定化補償部18を組合わせたフルクローズ制御系であり、構成上で図13と異なる点は速度指令補正信号 $V_{r,h}$ を出力する位置ループ安定化補償部18と、速度指令基本信号 $V_{r,b}$ と速度指令補正信号 $V_{r,h}$ を合成する加算手段19が追加されたことである。その他の図13と同一構成には同一符号を付して重複する説明は省略する。つぎに動作について説明する。図10は図9に示す位置ループ安定化補償部18の詳細ブロック図であり、30は位相調節手段の2次ローパスフィルタである。速度指令 V_r と負荷位置信号 Y_L を微分回路301で微分演算した負荷速度 V_L との差を減算回路308で取り、それをローパスフィルタ30に入力する。発振周波数においてローパスフィルタ30の出力信号が入力信号より90°位相遅れとなるようにローパスフィルタ30のパラメータを設定し、ローパスフィルタ30の出力信号を適切な補償ゲイン K_f' を掛けて速度指令補正信号 $V_{r,h}$ とし、加算器19により速度指令基本信号 $V_{r,b}$ に加算する。このような、第2の実施の形態によれば、速度指令基本信号 $V_{r,b}$ に含まれる位置ループの共振信号に対して、速度指令補正信号 $V_{r,h}$ で打ち消すため、位置ループゲイン K_P を上げられる。また、積分項も含まないため定常偏差が残らるので、高精度位置決めが可能になる。

【0014】次に、本発明の第3の実施の形態について図を参照して説明する。図11は本発明の第3の実施の形態に係る位置ループ安定化補償部のブロック図である。図11が、図10と異なる点はローパスフィルタ30の替わりに、2次ローパスフィルタと1次ハイパスフィルタで構成するバンドパスフィルタ40に代えたことである。その他の図10と同一構成には同一符号を付し重

複する説明は省略する。なお、図 9 は共通に使用する。つぎに動作について説明する。速度指令 V_r と負荷位置信号 Y_L を微分処理部 301 で微分して求めた負荷速度 V_L との差をバンドパスフィルタ 40 に入力する。発振周波数においてバンドパスフィルタ 40 の出力信号が入力信号より 90° 位相遅れとなるようにバンドパスフィルタ 40 のパラメータを設定し、バンドパスフィルタ 40 の出力信号を適切な補償ゲインを掛けて速度指令補正信号 V_{r_h} とする。このように、第 3 の実施の形態では、この補償方式によれば、図 10 の場合に比較して制振効果の他に、ハイパスフィルタが増えた分、ベース揺れなどの負荷位置信号に現れる低周波数の外乱信号の影響を小さくすることができる。

【0015】次に、本発明の第 4 の実施の形態について図を参照して説明する。図 12 は本発明の第 4 の実施の形態に係る位置ループ安定化補償部のブロック図である。図 12 と図 10 との相違点は、速度指令 V_r の積分処理部 56 を設け、バンドパスフィルタ 57 は 1 次ローパスフィルタ、1 次ハイパスフィルタの構成とした点である。その他の図 11 と同一構成には同一符号を付して重複する説明は省略する。つぎに動作について説明する。速度指令 V_r を積分処理部 56 で積分演算した信号と負荷位置信号 Y_L の差をバンドパスフィルタ 57 へ入力する。59 は減算手段である。発振周波数においてバンドパスフィルタ 57 の出力信号が入力信号と同じ位相となるようにバンドパスフィルタ 57 のパラメータを設定し、バンドパスフィルタ 57 の出力信号を適切な補償ゲイン K_r を掛けて速度指令補正信号 V_{r_h} とする。このように、第 4 の実施の形態によれば、この場合は図 11 と比較して同じ効果が得られるが、ローパスフィルタが 1 次であるため補償器の構成とパラメータの調節が簡単になる。

【0016】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、フルクローズ制御系の位置制御において、フィードバックゲイン K_f の効果によって位置ループゲイン K_P を、振動の再発無しにセミクローズ制御系と同等な値まで回復できるという効果がある。また、速度指令基本信号に含まれる位置ループの共振信号に対して、ローパスフィルタ、バンドパスフィルタ等の位相調整手段を用いて調整した速度補正信号によって打消すことができるので、位置ループゲインを上げることができると共に、積分項を含まないので定常偏差が残るようなことがなく、短時

間に高精度な位置決めを行うことが可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る電動機の位置制御装置のブロック線図である。

【図 2】図 1 に示した電動機の加速度から負荷の直動速度までのブロック線図である。

【図 3】図 2 に示すモデルによって構成したフルクローズ制御系のブロック線図である。

【図 4】図 3 に示す位置制御系内での速度制御系を簡略化した図である。

【図 5】図 4 に示す位置制御系の振動現象を示す図である。

【図 6】図 5 に示す位置制御系の簡略化図である。

【図 7】図 6 に示す速度指令と負荷速度の差速度を示す図である。

【図 8】図 1 に示す比例ゲイン手段による速度指令補正を示す図である。

【図 9】本発明の第 2 の実施の形態に係る電動機の位置制御装置のブロック図である。

【図 10】図 9 に示す位置ループ安定化補償部のブロック図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施の形態に係る位置ループ安定化補償部のブロック図である。

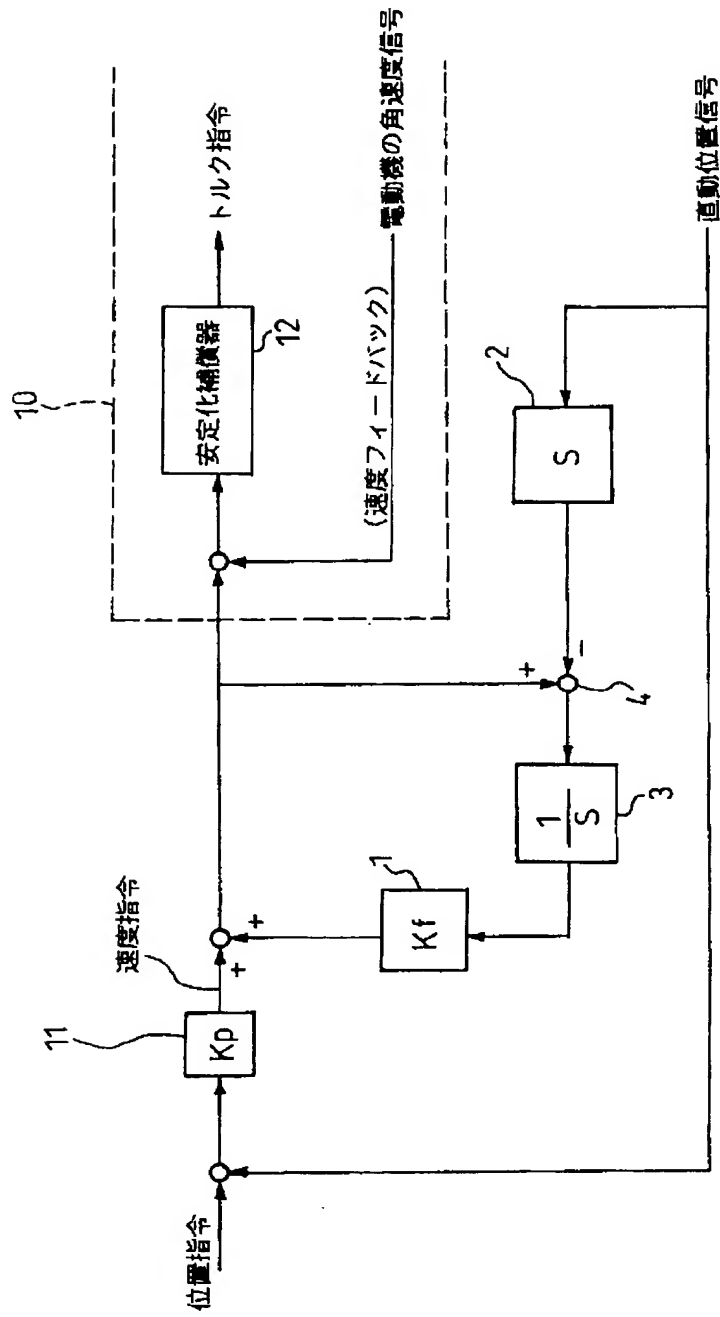
【図 12】本発明の第 4 の実施の形態に係る位置ループ安定化補償部のブロック図である。

【図 13】従来のフルクローズ制御系のブロック線図である。

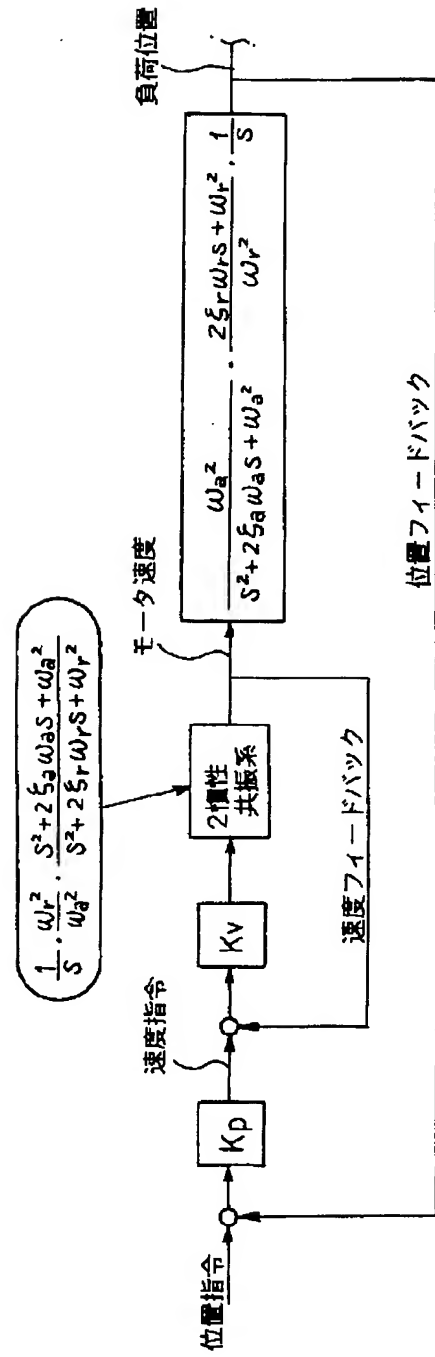
【符号の説明】

- 1 比例ゲイン手段
- 2 微分演算手段
- 3 積分手段
- 4、59、308 減算手段
- 10 速度制御系
- 11 位置ループゲイン
- 18 位置ループ安定化補償部
- 19 加算手段
- 30 ローパスフィルタ
- 40、57 バンドパスフィルタ
- 56 積分処理部
- 301 微分処理部
- 302 補償ゲイン

【図1】

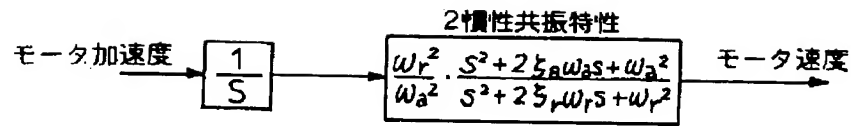


【図3】

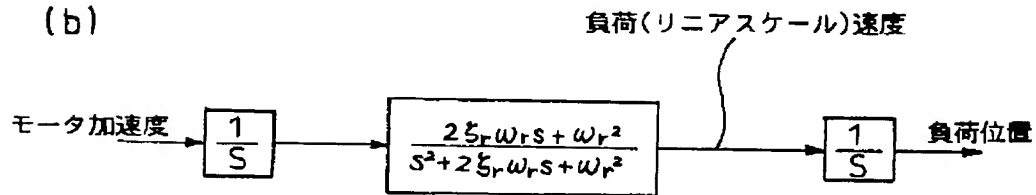


【図2】

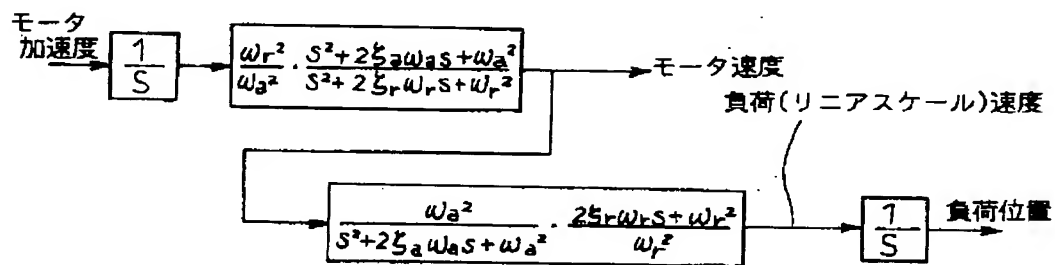
(a)



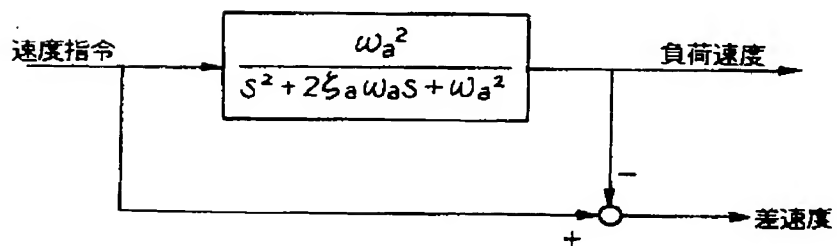
(b)



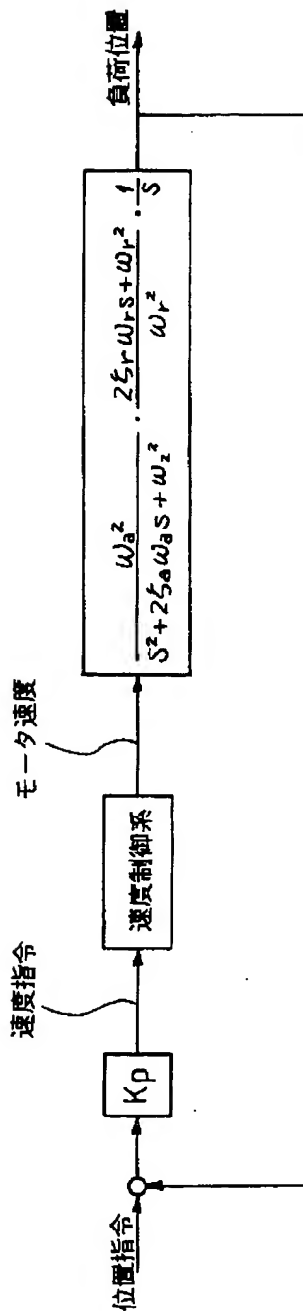
(c)



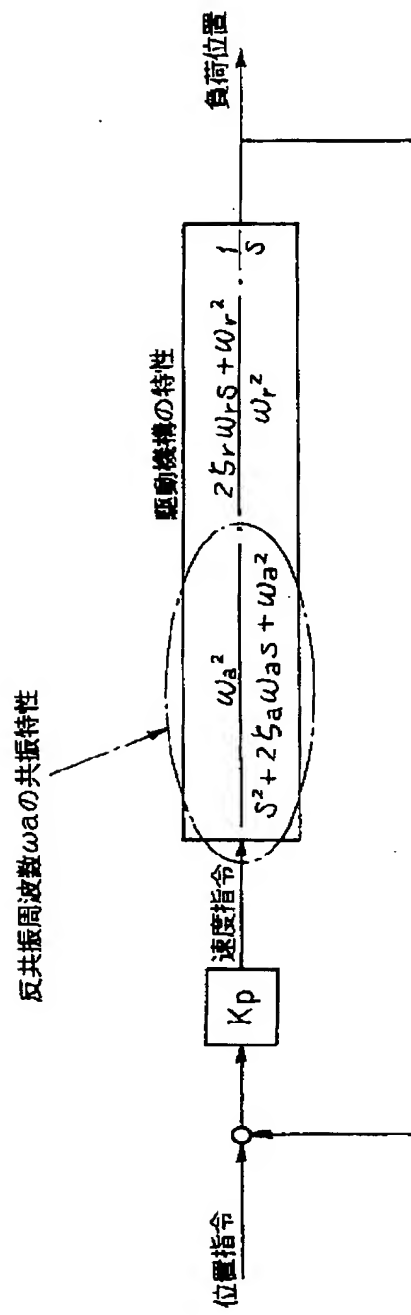
【図7】



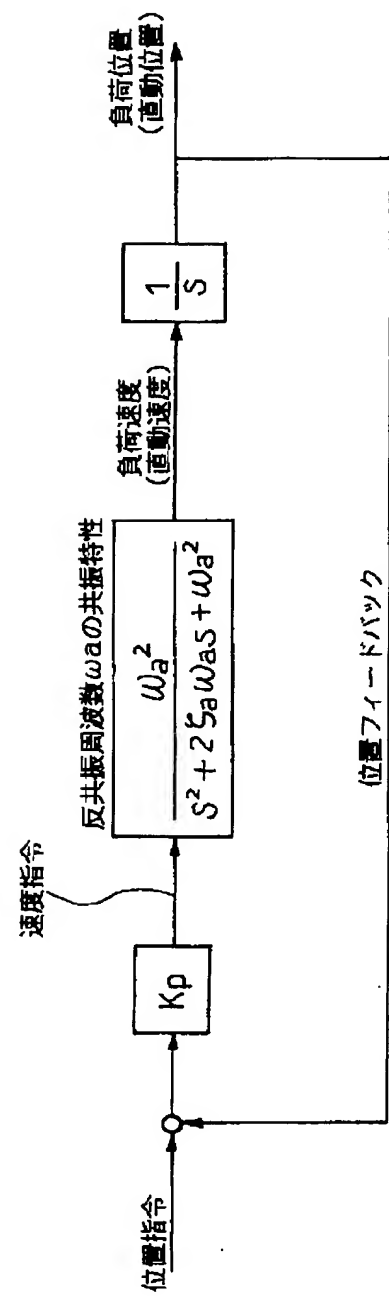
【図4】



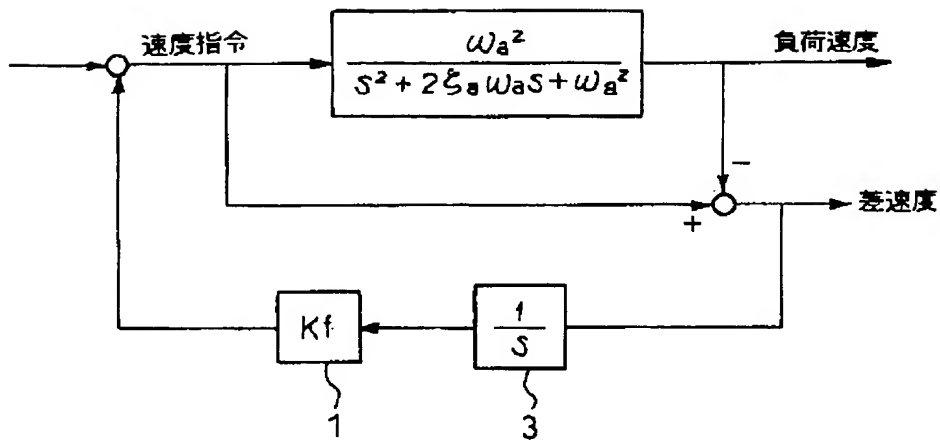
【図5】



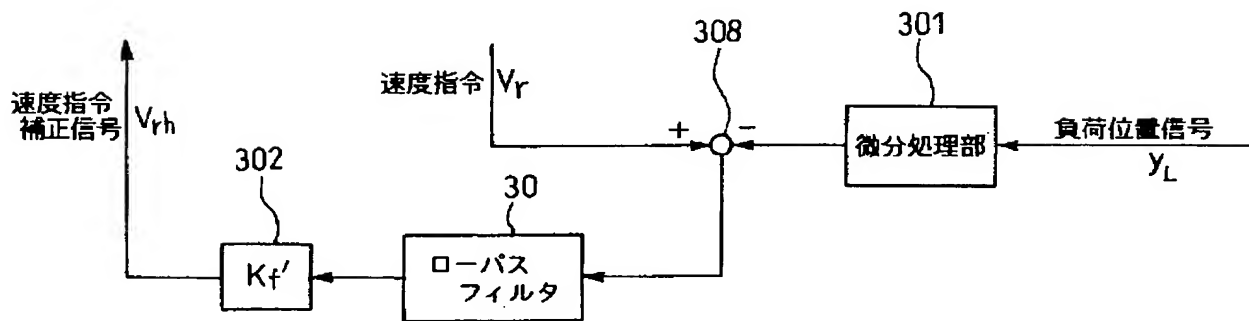
【図6】



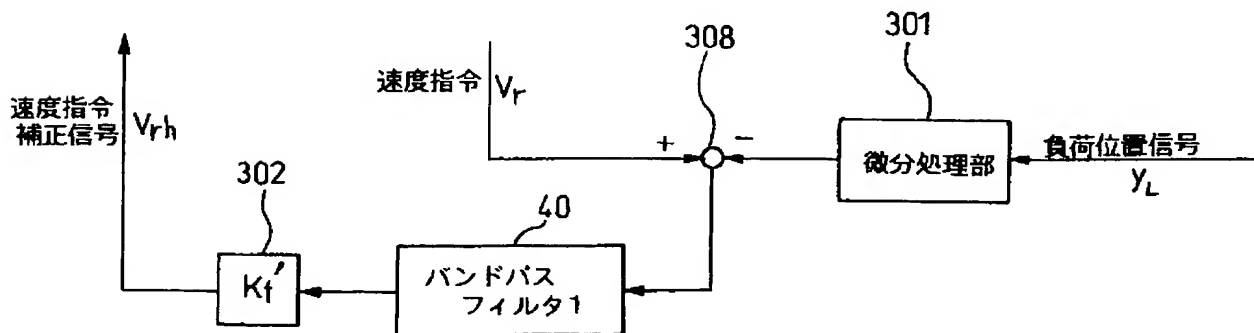
【図8】



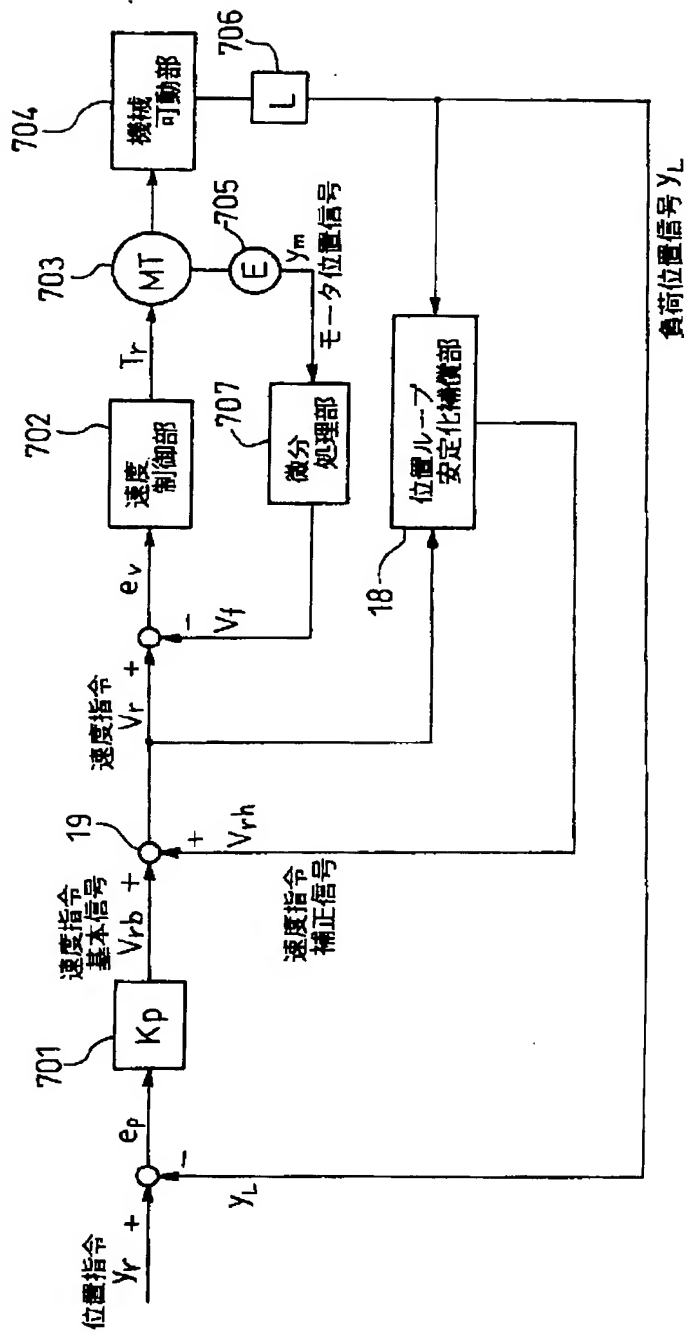
【図10】



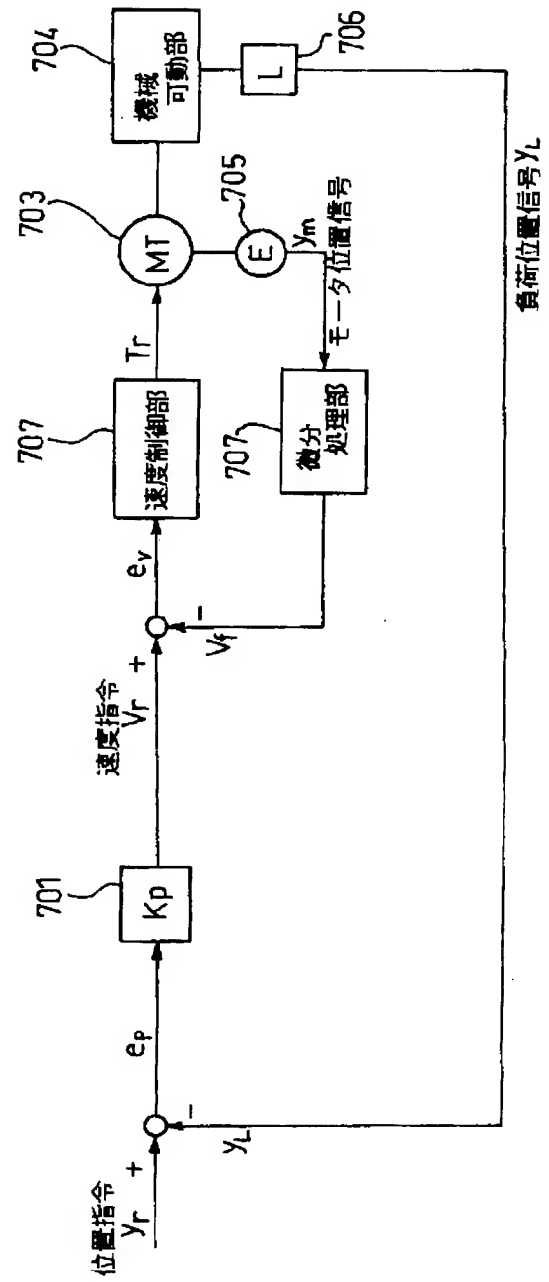
【図11】



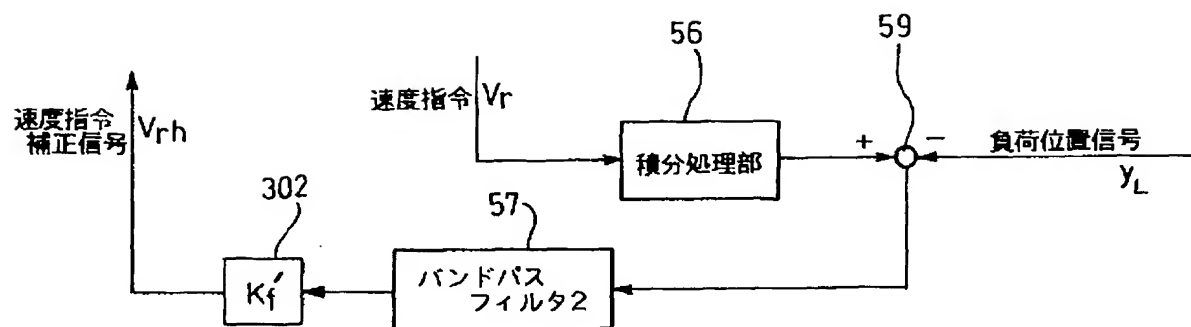
【図9】



【図13】



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 張 文農
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内

Fターム(参考) 5H303 AA01 AA04 BB01 BB06 CC03
DD01 DD25 FF09 GG06 GG11
HH02 HH07 JJ01 KK02 KK03
KK04 KK18 KK24 LL03
5H550 AA18 BB10 DD01 EE05 GG01
GG03 JJ22 JJ23 JJ24 JJ25
JJ26 LL01 LL35 LL36